

Recht PCT/PTO

16 DEC 2005

101561604

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. Januar 2005 (06.01.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/000757 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C03C 14/00,  
C08K 3/40, C08L 83/04, H01B 7/295, 3/46

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WALTER, Steffen  
[DE/DE]; Lupinenstr. 7, 91074 Herzogenaurach (DE).  
DERNOVSEK, Oliver [DE/DE]; Franziskanerstr. 11,  
81669 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/051267

(22) Internationales Anmeldedatum:

28. Juni 2004 (28.06.2004)

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

103 29 117.2

27. Juni 2003 (27.06.2003) DE

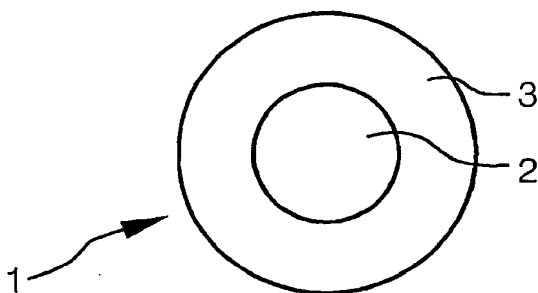
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PLASTIC COMPOUND, PRODUCT COMPOSED OF SAID COMPOUND AND USE OF SAID COMPOUND

(54) Bezeichnung: KUNSTSTOFFMASSE, ERZEUGNIS MIT DER KUNSTSTOFFMASSE UND VERWENDUNG DER  
KUNSTSTOFFMASSE



(57) Abstract: The invention relates to a plastic compound comprising at least one polymer, at least one organic starting compound of a ceramic active ingredient and at least one glass material for forming a glass ceramic with the aid of said ceramic active ingredient, said material containing glass and/or a starting material of glass. The plastic compound is characterised in that the glass has a glass transition point  $T_g$ , which essentially corresponds to a decomposition temperature  $T_z$  of the organic starting compound. The organic starting compound is preferably a polyorganosiloxane. The thermal decomposition of the polyorganosiloxane leads to the formation of a porous parent structure consisting of silicon oxide, which is infiltrated by the glass, which is molten at the decomposition temperature.

In addition, a dense, mechanically stable glass ceramic layer is formed. Said layer is electro-insulating so that a cable retains its function in the event of fire. The plastic compound is thus used to electrically insulate products that are exposed to fire-risks, for example cables or domestic appliances.

(57) Zusammenfassung: Kunststoffmasse, Erzeugnis mit der Kunststoffmasse und Verwendung der Kunststoffmasse 5 Die Erfindung betrifft eine Kunststoffmasse mit mindestens einem Polymer, mindestens einer organischen Ausgangsverbindung mindestens eines keramischen Werkstoffs und mindestens einem Glasmaterial zur Bildung einer Glaskeramik mit dem keramischen Werkstoff, das ein Glas und/oder ein Ausgangsmaterial des Glases aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Glas einen Glaspunkt  $T_g$  aufweist, der im Wesentlichen einer Zersetzungstemperatur  $T_z$  der organischen Ausgangsverbindung entspricht. Vorzugsweise ist die organische Ausgangsverbindung ein Polyorganosiloxan. Durch thermische Zersetzung des Polyorganosiloxans bildet sich ein poröses Grundgerüst aus Siliziumdioxid, in das das bei der Zersetzungstemperatur flüssige Glas infiltriert wird. Im Weiteren bildet sich eine dichte, mechanisch stabile Schicht aus Glaskeramik aus. Diese Schicht ist elektrisch isolierend, so dass eine Funktion eines Kabels im Falle eines Brandes erhalten bleibt. Daher wird die Kunststoffmasse zur elektrischen Isolierung Brand gefährdeter Produkte, beispielsweise Kabel oder Haushaltsgeräte, eingesetzt.

WO 2005/000757 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## Beschreibung

**Kunststoffmasse, Erzeugnis mit der Kunststoffmasse und Verwendung der Kunststoffmasse**

5

- Die Erfindung betrifft eine Kunststoffmasse mit mindestens einem Polymer, mindestens einer organischen Ausgangsverbindung mindestens eines keramischen Werkstoffs und mindestens einem Glasmaterial zur Bildung einer
- 10 Glaskeramik mit dem keramischen Werkstoff, das ein Glas und/oder ein Ausgangsmaterial des Glases aufweist. Neben der Kunststoffmasse wird ein Erzeugnis mit der Kunststoffmasse und ein Verwendung der Kunststoffmasse angegeben.
- 15 Eine Kunststoffmasse der genannten Art, ein Erzeugnis mit der Kunststoffmasse und eine Verwendung der Kunststoffmasse sind aus der WO 01/85634 A1 bekannt. Die Kunststoffmasse ist keramisierbar. Dies bedeutet, dass die Kunststoffmasse durch eine thermische Zersetzung (Pyrolyse) in einen keramischen
- 20 Werkstoff umgesetzt werden kann. Das Polymer der Kunststoffmasse ist ein Basismaterial, aus dem die Kunststoffmasse hauptsächlich besteht. Das Basismaterial der Kunststoffmasse ist beispielsweise ein Polyorganosiloxan (Polysiloxan, Silicon,  $[R_2(SiO)]_x$ ). Das Polyorganosiloxan,
- 25 beispielsweise Poly(dimethylsiloxan) ( $[(CH_3)_2(SiO)]_x$ ), ist nicht nur das Basismaterial der Kunststoffmasse, sondern auch die organische Ausgangsverbindung des keramischen Werkstoffs der Kunststoffmasse. Neben dem Polyorganosiloxan weist die Kunststoffmasse ein anorganisches Ausgangsmaterial des
- 30 keramischen Werkstoffs auf, beispielsweise Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ). Das Glasmaterial zur Bildung der Glaskeramik ist beispielsweise ein Borosilikatglas. Durch die thermische Zersetzung der Kunststoffmasse bildet sich eine Glaskeramik, die keramische Phasen und Glasphasen aufweist.
- 35 Bei der thermischen Zersetzung des Polyorganosiloxans an Luft (Zersetzungstemperatur  $T_z$  von etwa  $500^\circ C$ ) entsteht zunächst

ein mehr oder weniger poröses, amorphes Grundgerüst (Matrix) aus Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ). Das Siliziumdioxid reagiert bei höheren Temperaturen ( $1000^\circ\text{C}$  bis  $1200^\circ\text{C}$ ) mit dem Aluminiumoxid zum keramischen Werkstoff in Form eines Alumo-  
5 oder Aluminiumsilikats. Der keramische Werkstoff ist beispielsweise das Aluminiumsilikat Mullit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{SiO}_2$ ). Durch die Anwesenheit des Borosilikatglases bildet sich eine Glaskeramik mit dem keramischen Werkstoff. Das Borosilikatglas hat einen Glaspunkt  $T_g$  von etwa  $560^\circ\text{C}$ . Das  
10 Borosilikatglas führt bereits bei einer Temperatur unter einer Bildungstemperatur des keramischen Werkstoffs zu einer Verdichtung der Ausgangsverbindungen und/oder von Zwischenprodukten des keramischen Werkstoffs durch viskoses Fließen. Dadurch entsteht aus dem zunächst poröse Grundgerüst  
15 aus Siliziumdioxid eine hochdichte Glaskeramik.

Die Kunststoffmasse wird beispielsweise als FRNC (Flame Retardant Non Corrosive)-Kabelummantelung zur elektrischen Isolierung eines Kabels verwendet. Bei einem Brand des Kabels  
20 kommt es zur thermischen Zersetzung der Kunststoffmasse. Dabei bildet sich aus der Kabelummantelung eine dichte, mechanisch belastbare, elektrisch isolierende Schicht aus einer Glaskeramik. Eine Funktion des Kabels bleibt auch bei einem Brand zumindest über eine gewisse Zeit erhalten. Ein  
25 Ausfall einer Funktion des Kabels aufgrund eines Brandes des Kabels verzögert sich.

Die Kunststoffmasse wird bei einer zeitabhängigen thermischen Zersetzung, die mit einer sehr schnellen Temperaturerhöhung  
30 verbunden ist, zu einer sehr dichten Glaskeramik umgesetzt. Es resultiert eine dichte, elektrisch isolierende Schicht aus der Glaskeramik. Problematisch ist allerdings eine thermische Zersetzung der Kunststoffmasse, die mit einer relativ langsamen Temperaturerhöhung verbunden ist. Dabei bildet sich  
35 zunächst das poröse Grundgerüst aus Siliziumdioxid, ohne dass eine Verdichtung durch das Borosilikatglas eingeleitet werden könnte. In Folge davon wird keine dichte Glaskeramik

erhalten. Eine aus einem Brand eines Kabels resultierende Schicht aus Glaskeramik ist nicht dicht. Die Funktion des Kabels kann im Fall eines Brandes über einen längeren Zeitraum nicht gewährleistet werden.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kunststoffmasse anzugeben, die auch bei einer thermischen Zersetzung, die von einer relativ langsamen Temperaturerhöhung begleitet ist, zu einer dichten Glaskeramik führt.

10

Zur Lösung der Aufgabe wird eine Kunststoffmasse mit mindestens einem Polymer, mindestens einer organischen Ausgangsverbindung mindestens eines keramischen Werkstoffs und mindestens einem Glasmaterial zur Bildung einer Glaskeramik mit dem keramischen Werkstoff angegeben, das ein Glas und/oder ein Ausgangsmaterial des Glases aufweist. Die Kunststoffmasse ist dadurch gekennzeichnet, dass das Glas einen Glaspunkt  $T_g$  aufweist, der im Wesentlichen einer Zersetzungstemperatur  $T_z$  der organischen Ausgangsverbindung entspricht.

15

20

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Erzeugnis mit der Kunststoffmasse zur chemischen und/oder elektrischen Isolierung mindestens einer Komponente des Erzeugnisses angegeben.

25

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Kunststoffmasse zum Herstellen einer Glaskeramik durch thermisches Zersetzen der Kunststoffmasse verwendet.

30

Durch die Pyrolyse der Kunststoffmasse wird die organische Ausgangsverbindung des keramischen Werkstoffs zersetzt. Die organische Ausgangsverbindung ist insbesondere ein Polyorganosiloxan. Das Polyorganosiloxan ist beispielsweise Poly(dimethylsiloxan). Polyorganosiloxane weisen eine Zersetzungstemperatur  $T_z$  von unter 500°C aus. Dabei bildet

35

sich ein poröses Grundgerüst aus Siliziumdioxid oder Siliziumoxycarbid. In dieses poröse Grundgerüst wird nun bei einer relativ niedrigen Temperatur Glas infiltriert. Dies gelingt dadurch, dass das eingesetzte Glas bei der  
5 Zersetzungstemperatur  $T_z$  der organischen Ausgangsverbindung eine niedrige Viskosität aufweist. Aufgrund von Kapillarkräften wird das mehr oder weniger flüssige Glas in das sich bildende poröse Grundgerüst aus Siliziumdioxid infiltriert. Ein Verdichten der Ausgangsmaterialien der  
10 Glaskeramik bzw. der Zwischenstufen der Glaskeramik ist damit auch bei thermischen Zersetzung sichergestellt, die mit einer relativ langsamen Temperaturerhöhung einhergeht. Es resultiert ein glaskeramischer Werkstoff mit einer hohen Dichtigkeit. Es wird auch bei einer schnellen  
15 Temperaturerhöhung eine feste, dichte Ascheschicht erhalten. Es findet eine kinetisch ungehemmte Glasphasenbildung der glaskeramischen Zusammensetzung statt, die zu einer Passivierung sowohl bei einem schnellen als auch bei einem langsamen Brand bzw. bei unterschiedlichen Flammentemperaturen  
20 führt.

Als organische Ausgangsverbindungen sind beliebige organische bzw. metallorganische Verbindungen denkbar. Vorzugsweise ist das Polymer selbst die organische Ausgangsverbindung.  
25 Beispielsweise ist die organische Ausgangsverbindung ein siliziumorganisches Polymer wie Polysilan, Polycarbosilan, Polysilazan oder Polyorganosiloxan. Denkbar ist auch ein Gemenge verschiedener Polymere oder ein Copolymerisat aus verschiedenen metallorganischen und nicht metallorganischen  
30 Monomeren. Die organische Ausgangsverbindung kann polymerisiert oder monomer vorliegt. Monomer bedeutet, dass die organische Ausgangsverbindung unvernetzt und polymerisiert, dass die organische Ausgangsverbindung teil- oder vollständig vernetzt ist. Die organische  
35 Ausgangsverbindung kann das Basismaterial der Kunststoffmasse bilden. Denkbar ist auch, dass die organische Ausgangsverbindung eine Beimengung des Basismaterials der

Kunststoffmasse ist. Als Beimengung ist insbesondere auch denkbar, dass die organische Ausgangsverbindung ein metallorganisches Salz oder ein metallorganischer Komplex ist. Bezüglich der genannten organischen Ausgangsverbindungen weist das Glas insbesondere einen Glaspunkt  $T_g$  von unter 500° C auf. Wenn die organische Ausgangsverbindung sich erst bei höherer Temperatur zersetzt, so kann auch ein Glas mit einem Glaspunkt  $T_g$  von über 500° C verwendet werden.

Der keramische Werkstoff und/oder die Glaskeramik mit dem keramischen Werkstoff weisen insbesondere zumindest ein aus der Gruppe Aluminium, Bor, Barium, Bismut, Kalzium, Magnesium, Stickstoff, Sauerstoff, Silizium, Titan, Zink und/oder Zirkonium ausgewähltes Element auf. Insbesondere ist der keramische Werkstoff ein Silikat. Vorzugsweise ist das Silikat ein Alumo- oder Aluminiumsilikat. Derartige Silikate sind beispielsweise Mullit, Sillimanit oder Kyanit.

In einer besonderen Ausgestaltung weist das Polymer der Kunststoffmasse und/oder die organische Ausgangsverbindung des keramischen Werkstoffs einen Halogenanteil von unter einem mol.% auf. Üblicherweise werden zum Brandschutz eines Kabels Kabelummantelungen aus halogenhaltigen Polymeren eingesetzt. Ein gängiges, schwer brennbares Polymer ist beispielsweise Polyvinylchlorid (PVC). Diese halogenhaltigen Polymere spalten bei der thermischen Zersetzung Halogene bzw. Halogenverbindungen. Die Halogene bzw. Halogenverbindungen führen zur Eindämmung eines Brandes der Kunststoffmasse. Freigesetzte Halogene und Halogenverbindungen können allerdings zu einer hohen Belastung der Umwelt führen. So bildet sich beispielsweise bei der thermischen Zersetzung von Polyvinylchlorid Salzsäure (HCl). Im Gegensatz ist die Kunststoffmasse nahezu halogenfrei, so dass Halogene bzw. die Säuren der Halogene bei einem Brand der Kunststoffmasse nicht freigesetzt werden. Das Eindämmen des Brandes bzw. die Funktionserhaltung der elektrischen Bauteile der von einem Brand betroffenen Erzeugnisse ist bei Verwendung der

Kunststoffmasse auch ohne die Gegenwart von Halogenen bzw. Halogenverbindungen gewährleistet.

Es sind Gläser bekannt, die über einen niedrigen Glaspunkt  $T_g$  verfügen. Derartige Gläser sind insbesondere Gläser mit Alkali-, Blei- und/oder Phosphationen. Diese Gläser können gesundheitsgefährdende Reaktionsprodukte freisetzen. So kann aus den phosphationenhaltigen Gläsern phosphorige Säure entstehen. Bleiionenhaltige Gläser stellen allein aufgrund des vorhandenen Bleis eine Belastung der Umwelt dar. Darüber hinaus zeichnen sowohl bleiionenhaltige als auch sich alkaliionen-haltige Gläser durch eine relativ hohe elektrische Leitfähigkeit aus. Im Hinblick auf eine gute elektrische Isolierung und im Hinblick auf eine hohe Umweltverträglichkeit weist in einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung das Glas einen Alkaliionenanteil und/oder einen Bleiionenanteil und oder einen Phosphationenanteil von jeweils unter einem mol.% auf. Dadurch ist gewährleistet, dass die durch eine thermische Zersetzung der Kunststoffmasse erzeugte Glaskeramik eine niedrige elektrische Leitfähigkeit aufweist. Dies ist wichtig im Zusammenhang mit der elektrischen Isolationswirkung der bei der thermischen Zersetzung der Kunststoffmasse entstandenen Glaskeramik. Darüber hinaus ist die Kunststoffmasse bzw. das Reaktionsprodukt der Kunststoffmasse umweltverträglich. Insbesondere sind nahezu keine Bleiionen enthalten. Daneben bildet sich auch bei der Thermolyse keine phosphorige Säure. Die phosphorige Säure würde, wie die Salzsäure, die bei der thermischen Zersetzung von PVC frei wird, bei einem Brand der Kunststoffmasse eine unmittelbare Gesundheitsgefährdung der Umgebung darstellen.

In einer weiteren Ausgestaltung ist mindestens ein anorganisches Ausgangsmaterial des keramischen Werkstoffs vorhanden. Das anorganische Ausgangsmaterial kann als Salz oder selbst als keramischer Werkstoff vorliegen. Insbesondere ist das anorganische Ausgangsmaterial



- Aluminiumoxid. Denkbar sind auch weitere anorganische Ausgangsmaterialien, beispielsweise Siliziumcarbid (SiC). Diese Ausgangsmaterialien können bereits in einer reaktiven Form vorliegen. Dies bedeutet, dass die Ausgangsmaterialien
- 5 direkt mit dem durch die thermische Zersetzung des organischen Ausgangsmaterials erzeugten Grundgerüst bzw. mit dem Material des Grundgerüsts reagieren. Dabei entsteht der keramische Werkstoff. Das oder die anorganischen Ausgangsmaterialien liegen vorzugsweise als Oxide vor.
- 10 Denkbar ist auch, dass das reaktive anorganische Ausgangsmaterial in der thermischen Zersetzung der Kunststoffmasse das eigentlich gegenüber dem Material des Grundgerüsts reaktive, anorganische Ausgangsmaterial gebildet wird. Derartige anorganische Ausgangsmaterialien sind
- 15 insbesondere Carbonate oder Hydroxide. Durch Zufuhr von Energie (in Folge der Temperaturerhöhung bei einem Brand) werden diese Ausgangsverbindungen in die oxidischen, reaktiven Formen überführt. Die Reaktion wird durch Zufuhr von Energie beschleunigt. Gleichzeitig kann dabei dem
- 20 Gesamtsystem Energie entnommen, was zur Verlangsamung des Brandes beitragen kann. So entsteht beispielsweise aus Aluminiumhydroxid ( $(\text{Al}(\text{OH})_3)$ ) durch Abspaltung von Wasser Aluminiumoxid.
- 25 Carbonate beinhalten zudem den Vorteil, dass in einem Niedertemperaturbereich, also einem Bereich unterhalb der Temperatur, bei der der keramische Werkstoff gebildet wird, die Brennbarkeit der Kunststoffmasse durch Freisetzen von Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) reduziert wird.
- 30 In einer besonderen Ausgestaltung weist das anorganische Ausgangsmaterial und/oder das Glasmaterial ein Pulver mit Pulverpartikeln auf, die eine mittlere Pulverpartikelgröße  $D_{50}$  von unter  $3\text{ }\mu\text{m}$  und insbesondere von unter  $1,5\text{ }\mu\text{m}$
- 35 aufweisen. Die anorganische Ausgangsverbindung ist insbesondere Aluminiumoxid. Das Aluminiumoxid liegt als feines, in der Kunststoffmasse homogen verteiltes Pulver vor.

In dieser Form übernimmt das Aluminiumoxid zwei Funktionen. Das Aluminiumoxid reagiert mit Pyrolyseprodukten der organischen Ausgangsverbindung zum keramischen Werkstoff. Da die feinen Pulverpartikel aus Aluminiumoxid eine große  
5 Oberfläche aufweisen, zeichnen sich diese durch eine hohe Reaktivität aus. Dadurch wird die Temperatur erniedrigt, bei der sich der oder die keramischen Werkstoffe bilden. Darüber hinaus fungieren die feinen Pulverpartikel aus Aluminiumoxid als Kristallisationskeime für die Bildung der Glaskeramik.  
10 Dies führt dazu, dass nicht nur der keramische Werkstoff, sondern auch die Glaskeramik bei einer relativ niedrigen Temperatur gebildet wird.

Vorteilhaft ist ein Volumenanteil des Glases an der  
15 Kunststoffmasse und/oder ein Volumenanteil des Ausgangsmaterials des Glases an der Kunststoffmasse aus dem Bereich von 1 Vol.% bis 30 Vol.% und insbesondere aus dem Bereich von 5 Vol.% bis 15 Vol.% ausgewählt. Dieser relativ geringe Volumenanteil des Glases reicht aus, um bei einer  
20 thermischen Zersetzung der Kunststoffmasse eine dichte Glaskeramik zu erhalten. Dabei kann ein niedrig schmelzendes Glaslot eingesetzt werden. Ein Glaslot ist kostengünstig. Darüber hinaus kann der Glaspunkt  $T_g$  des Glaslots über einen weiten Bereich variiert werden, so dass die Viskosität des  
25 Glaslots an die Zersetzungstemperatur  $T_z$  der organischen Ausgangsverbindung leicht angepasst werden kann.

Vorzugsweise weist das Glasmaterial hoch reaktive Gläser auf. Derartige Gläser sind insbesondere Gläser mit Boroxid ( $B_2O_3$ ),  
30 Bismutoxid ( $Bi_2O_3$ ), Zinkoxid ( $ZnO$ ) und kleinen Anteilen von Siliziumdioxid. Diese hoch reaktiven Gläser führen dazu, dass eine Verdichtung, also die Bildung der Glaskeramik, schon bei relativ niedrigen Temperaturen stattfindet. Die Verdichtung erfolgt dabei im Wesentlichen nicht durch viskoses Fließen,  
35 wie im Fall der Borosilikatgläser, sondern durch reaktives Flüssigphasensintern.

Die Kunststoffmasse eignet sich insbesondere zur chemischen und/oder elektrischen Isolierung mindestens einer Komponente des Erzeugnisses. Das Erzeugnis ist ein feuerfestes Produkt. Denkbar ist dabei ein beliebiges Erzeugnis. Insbesondere ist  
5 das Erzeugnis ein Haushaltsgerät und die Komponente ein elektrisches Bauteil des Haushaltsgeräts. Die Kunststoffmasse ist beispielsweise zu einer Brandschutzplatte oder einer feuerfesten Gummidichtung verarbeitet, so dass die Komponente des Haushaltsgeräts vor einem Brand geschützt ist. Das  
10 Verarbeiten zur Brandschutzplatte oder zur Gummidichtung kann in einem Press- oder Spritzgussprozess erfolgen.

In einer besonderen Ausgestaltung weist die Komponente des Erzeugnisses eine Umhüllung mit der Kunststoffmasse auf. Ein  
15 derartiges Erzeugnis ist insbesondere ein optischer Leiter oder ein Kabel. Die Komponente eines derartigen Erzeugnisses ist eine Kabelader des Kabels. Die Umhüllung ist eine Kabelummantelung der Kabelader. Die Kabelummantelung dient der elektrischen Isolierung der Kabelader. Im Fall eines  
20 Brandes des Kabels, der zur thermischen Zersetzung der Kunststoffmasse der Kabelummantelung führt, entsteht eine dichte, mechanische belastbare und elektrisch isolierende Glaskeramik, die die Funktion der ursprünglich vorhandenen Kabelummantelung übernimmt. Aufgrund dieser Eigenschaften der  
25 Kunststoffmasse kann die Kabelummantelung als FRNC-Kabelummantelung verwendet werden. Zum Herstellen der Kabelummantelung wird beispielsweise auf ein Extrusionsverfahren zurückgegriffen.

30 Die Kunststoffmasse führt bei einem Brand dazu, dass die elektrische Isolierung des Erzeugnisses bzw. der Komponente des Erzeugnisses erhalten bleibt. Zudem führt die bei der thermischen Zersetzung der Kunststoffmasse erzeugte Glaskeramik dazu, dass die Komponente chemisch isoliert  
35 wird. Es bildet sich eine dichte, für Chemikalien nahezu undurchlässige Beschichtung der Komponente. Die Beschichtung fungiert als Barriere für die Chemikalien. Somit kann ein

## 10

- Bestandteil der Komponente nicht mit einem Bestandteil der Umgebung der Komponente in Berührung kommen und entsprechend reagieren. Ein Kabel könnte beispielsweise eine äußere und eine innere Kabelummantlung aufweisen. Die Kabelummantlung mit der Kunststoffmasse bildet die äußere Kabelummantlung. Die innere Kabelummantlung ist zwischen der äußeren Kabelummantlung mit der Kunststoffmasse und der Kabelader angeordnet und besteht aus einem preiswerten, leicht brennbaren Kunststoff. Sollte es zu einem Brand des Kabels kommen, so bildet sich aus der äußeren Kabelummantlung mit der Kunststoffmasse eine dichte Schicht aus der Glaskeramik, die dafür sorgt, dass beispielsweise Sauerstoff nicht an den leicht brennbaren Kunststoff der inneren Kabelummantlung gelangt. Die innere Kabelummantlung verbrennt nicht und bleibt intakt, so dass auch im Brandfall die elektrische Isolierung der Kabelader sicher gestellt ist. Die äußere Kabelummantlung wird beispielsweise durch Streichen oder Sprühen einer dünnen Schicht aus der Kunststoffmasse mit unvernetztem oder teilvernetztem Polymer auf der aufgetragenen inneren Kabelummantlung hergestellt. Nachfolgend wird die Vernetzung des Polymers initiiert. Es bildet sich eine feuerfeste Beschichtung aus dem keramisierbaren Kunststoff.
- Denkbar ist auch, dass die Ummantlung der Komponente des Erzeugnisses neben der Kunststoffmasse weitere, beispielsweise leicht brennbare und nicht keramisierbare Kunststoffmassen aufweist. Es liegt eine Mischung aus keramisierbarer Kunststoffmasse und nicht keramisierbarer, aber leicht brennbarer Kunststoffmasse vor. Dabei ist der Füllgrad der keramisierbaren Kunststoffmasse so hoch gewählt, dass im Falle eines Brandes eine dichte Glaskeramikschicht ausgebildet wird. Durch die bei einem Brand gebildete dichte Glaskeramikschicht kann nahezu kein Stoffaustausch mit der Umgebung stattfinden. Somit kann kein Sauerstoff an die leicht brennbare Kunststoffmasse gelangen. Der Brand des Kabels kann eingedämmt werden.

Zusammenfassend ergeben sich mit der Erfindung folgende wesentlichen Vorteile:

- 5 - Aufgrund des in der Kunststoffmasse verwendeten Glases bzw. der Ausgangsverbindung des Glases mit dem Glaspunkt  $T_g$ , der im Wesentlichen der Zersetzungstemperatur  $T_z$  des organischen Ausgangsmaterials des keramischen Werkstoffs entspricht, wird das Glas in die durch die thermische  
10 Zersetzung der Kunststoffmasse erzeugte poröse Gefüge infiltriert. Dies trägt zur Stabilität des Gefüges der Glaskeramik bei.
- Durch die Verwendung hoch reaktiver Gläser erfolgt das  
15 Verdichten der Glaskeramik durch reaktives Flüssigphasensintern. Dies führt zu einer hochdichten Schicht aus der Glaskeramik.
- Die Kunststoffmasse kann aufgrund der chemischen,  
20 elektrischen und mechanischen Stabilität der durch die thermische Zersetzung erzeugten Glaskeramik als effiziente FRNC-Kabelummantelung eingesetzt werden.

25 Anhand mehrerer Beispiele und der dazugehörigen Figuren wird die Kunststoffmasse und ein Erzeugnis mit der Kunststoffmasse im Folgenden näher beschrieben. Die Zeichnungen sind schematisch und stellen keine maßstabsgetreuen Abbildungen dar.

30 Figur 1 zeigt einen Querschnitt eines elektrotechnischen Erzeugnisses mit der Kunststoffmasse.

Figur 2 zeigt einen Querschnitt eines weiteren  
elektrotechnischen Erzeugnisses mit der  
35 Kunststoffmasse.

Das elektrotechnische Erzeugnis 1 ist ein Kabel mit einer Kabelader 2 aus einem elektrisch leitenden Material und einer Kabelummantelung 3 mit der Kunststoffmasse. Die Kunststoffmasse weist als Basismaterial ein Polymer aus Poly(dimethylsiloxan) auf. Das Poly(dimethylsiloxan) fungiert als organische Ausgangsverbindung mindestens eines keramischen Werkstoffs. Daneben sind in der Kunststoffmasse eine anorganische Ausgangsverbindung des keramischen Werkstoffs und ein Glasmaterial zur Bildung der Glaskeramik mit dem keramischen Werkstoff enthalten. Die anorganische Ausgangsverbindung ist pulverförmiges Aluminiumoxid. Die Pulverpartikel weisen eine durchschnittliche Pulverpartikelgröße D<sub>50</sub> von etwa 1 µm auf. Das Glasmaterial liegt ebenfalls pulverförmig vor mit einer Pulverpartikelgröße D<sub>50</sub> von etwa 1 µm.

Das Glasmaterial ist ein Glaspulver-Gemenge mit folgender Zusammensetzung: 27,5 mol.% Boroxid, 34,8 mol.% Bismutoxid, 32,5 mol.% Zinkoxid und 6 mol.% Siliziumdioxid. Das Glaspulver-Gemenge ist zu etwa 10 vol.% in der Kunststoffmasse enthalten.

Gemäß einer ersten Ausführungsform besteht die Kabelummantelung im Wesentlichen nur aus der Kunststoffmasse (Figur 1). Im Falle eines Kabelbrandes bildet sich aus der elektrisch isolierenden Kunststoffmasse eine elektrisch isolierende Schutzschicht aus Glaskeramik.

Gemäß einer zweiten Ausführungsform besteht die Kabelummantelung nicht nur aus der keramisierbaren Kunststoffmasse. Die Kabelummantelung weist darüber hinaus ein leicht brennbares Elastomer auf. Der Anteil des keramisierbaren Kunststoffmasse an der Kabelummantelung ist dabei so hoch gewählt, dass sich im Fall eines Brandes eine chemisch isolierende Schutzschicht aus Glaskeramik bildet. Diese Schutzschicht sorgt dafür, dass das leicht brennbare

13

Elastomer vor einem Angriff von Sauerstoff weitgehend geschützt wird. Der Kabelbrand kommt zum Stillstand.

- Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Kabel eine
- 5 innere Kabelummantelung 4 und eine äußere Kabelummantelung 3 auf (Figur 2). Die äußere Kabelummantelung 3 besteht aus der keramisierbaren Kunststoffmasse. Die innere Kabelummantelung 4 besteht aus einem leicht brennbaren Polymer. Im Brandfall bildet sich aus der äußeren Kabelummantelung eine dichte,
- 10 chemisch und elektrisch isolierende Schutzschicht aus Glaskeramik. Die elektrisch isolierende, innere Kabelummantelung bleibt weitgehend erhalten. Die Funktion des Kabels ist gesichert.
- 15 Zum Herstellen des Kabels 1 mit der Kabelummantelung 3 aus der keramisierbaren Kunststoffmasse wird teilvernetztes siliziumorganischen Polymers zusammen mit dem Glaspulver-Gemenge und dem Aluminiumoxid-Pulver in einem Doppel-Z-Kneter gemischt und homogenisiert. Die Beschichtung der Kabelader
- 20 des Kabels erfolgt in einem Extruder, wobei mittels eines Pinolenkopfs ein vorgeheizter Draht, der die Kabelader bildet, mit einer Schmelze der Kunststoffmasse im Extruderkopf beschichtet wird. Gleichzeitig wird die Vernetzung des Polymers vorangetrieben, wobei die
- 25 Kabelummantlung gebildet wird.

- Die Kunststoffmasse zeichnet sich beispielsweise durch folgende Kenndaten aus: mittlere Wärmefreisetzungsrate (heat release rate): 80 kW/m<sup>2</sup>; Zeitpunkt der Entzündung (time to
- 30 ignition): 117 s; Flammenentwicklungsindex (fire performance index): 0,98 m<sup>2</sup>s/kW; Rauchentwicklung (smoke parameter): 121 (MW/kg); hohe Aschestabilität (ash stability).

## Patentansprüche

1. Kunststoffmasse mit
  - mindestens einem Polymer,
  - 5 - mindestens einer organischen Ausgangsverbindung  
mindestens eines keramischen Werkstoffs und
  - mindestens einem Glasmaterial zur Bildung einer  
Glaskeramik mit dem keramischen Werkstoff, das ein Glas  
und/oder ein Ausgangsmaterial des Glases aufweist,
  - 10 **dadurch gekennzeichnet**, dass
  - das Glas einen Glaspunkt T<sub>g</sub> aufweist, der im  
Wesentlichen einer Zersetzungstemperatur T<sub>z</sub> der  
organischen Ausgangsverbindung entspricht.
- 15 2. Kunststoffmasse nach Anspruch 1, wobei die organische  
Ausgangsverbindung ein Polyorganosiloxan ist
3. Kunststoffmasse nach Anspruch 1 oder 2, wobei der  
Glaspunkt T<sub>g</sub> des Glases unter 500°C liegt.
- 20 4. Kunststoffmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei  
das Glasmaterial Bismutoxid und/oder Boroxid und/oder  
Siliziumdioxid und/oder Zinkoxid aufweist.
- 25 5. Kunststoffmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei  
der keramische Werkstoff und/oder die Glaskeramik mit  
dem keramischen Werkstoff zumindest ein aus der Gruppe  
Al, B, Ba, Bi, Ca, Mg, N, O, Si, Ti, Zn und/oder Zr  
ausgewählte Element aufweist.
- 30 6. Kunststoffmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei  
ein Volumenanteil des Glases an der Kunststoffmasse  
und/oder ein Volumenanteil des Ausgangsmaterials des  
Glases an der Kunststoffmasse aus dem Bereich von 1  
35 Vol.% bis 30 Vol.% und insbesondere aus dem Bereich von 5  
Vol.% bis 15 Vol.% ausgewählt ist.



15

7. Kunststoffmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Polymer und/oder die organische Ausgangsverbindung des keramischen Werkstoffs einen Halogen-Anteil von unter 1 mol.% aufweist.
- 5
8. Kunststoffmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Glas einen Alkaliionen-Anteil und/oder einen Bleiionen-Anteil und/oder einen Phosphationen-Anteil von jeweils unter 1 mol.% aufweist.
- 10
9. Kunststoffmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei mindestens ein anorganisches Ausgangsmaterial des keramischen Werkstoffs vorhanden ist.
- 15
10. Kunststoffmasse nach Anspruch 9, wobei das anorganische Ausgangsmaterial Aluminiumoxid ist.
11. Kunststoffmasse nach Anspruch 9 oder 10, wobei das anorganische Ausgangsmaterial und/oder das Glasmaterial ein Pulver mit Pulverpartikeln aufweist, die eine mittlere Pulverpartikelgröße  $D_{50}$  von unter 3  $\mu\text{m}$  und insbesondere von unter 1,5  $\mu\text{m}$  aufweisen.
- 20
12. Erzeugnis (1) mit der Kunststoffmasse nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zur chemischen und/oder elektrischen Isolierung mindestens einer Komponente des Erzeugnisses.
- 25
13. Erzeugnis nach Anspruch 12, wobei die Komponente (2) des Erzeugnisses (1) eine Umhüllung (3) mit der Kunststoffmasse aufweist.
- 30
14. Erzeugnis nach Anspruch 13, wobei die Umhüllung der Komponente eine Beschichtung der Komponente ist.
- 35
15. Erzeugnis nach Anspruch 13 oder 14, wobei das Erzeugnis ein Kabel, die Komponente eine Kabelader des Kabels und

16

die Umhüllung mit der Kunststoffmasse eine  
Kabelummantelung des Kabels ist.

16. Erzeugnis nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei das  
5 Erzeugnis ein Haushaltsgerät ist und die Komponente ein  
elektrisches Bauteil des Haushaltsgeräts ist.
17. Verwendung der Kunststoffmasse nach einem der Ansprüche  
1 bis 11 zum Herstellen einer Glaskeramik durch  
10 thermisches Zersetzen der Kunststoffmasse.

1/1

FIG 1

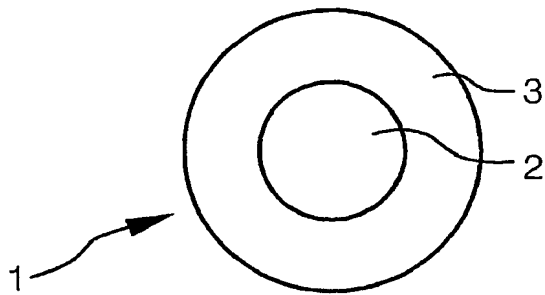


FIG 2

